Lampiran 1

Program Maple tentang Pengaruh Sistem Imun terhadap Dinamik Pertumbuhan Sel Tumor dan Sel Normal tanpa Terapi

a. Pertumbuhan Sel Tumor

> $restart:$

> $with(plots):with(linalg):with(DEtools):$

Sistem non linear di atas sebagai berikut

> $$du := 1.5 \cdot u \cdot \left(1 - \frac{u}{1.2 \cdot 10^6}\right) - \frac{n}{10^3 + n} - \frac{s \cdot u}{10^5 + u};$$
$$dn := n \cdot \left(1 - \frac{n}{10^6}\right) + u \cdot \left(1 - \frac{u}{3 \cdot 10^5}\right);$$
$$ds := 0.005 \cdot u - 0.03 \cdot s;$$

Mengubah sistem dengan menuliskan *u, n dan s* sebagai fungsi dalam variabel t

> $sist := matrix([[\mathrm{subs}(u = u(t), n = n(t), s = s(t), eval(du))], [\mathrm{subs}(u = u(t), n = n(t), s = s(t), eval(dn))], [\mathrm{subs}(u = u(t), n = n(t), s = s(t), eval(ds))]]);$

> $sistem := diff(u(t), t) = sist[1, 1], diff(n(t), t) = sist[2, 1], diff(s(t), t) = sist[3, 1];$

Menentukan solusi sistem pada nilai awal tertentu

> $fcns := \{u(t), n(t), s(t)\}:$

> $awal1 := dsolve(\{u(0) = 1, n(0) = 1, s(0) = 1, sistem\}, fcns, type = numeric, method = classical):$

Menggambarkan solusi sistem pada nilai awal tertentu

> $gbrawal1 := odeplot(awal1, [[t, u(t)]], 0..25, color = blue):$

Gambar dari sistem adalah sebagai berikut.

> $display(gbrawal1);$

b. Pertumbuhan Sel Normal

> $restart:$

> $with(plots):with(linalg):with(DEtools):$

Sistem non linear di atas sebagai berikut

> $$du := 1.5 \cdot u \cdot \left(1 - \frac{u}{1.2 \cdot 10^6}\right) - \frac{n}{10^3 + n} - \frac{s \cdot u}{10^5 + u};$$
$$dn := n \cdot \left(1 - \frac{n}{10^6}\right) + u \cdot \left(1 - \frac{u}{3 \cdot 10^5}\right);$$
$$ds := 0.005 \cdot u - 0.03 \cdot s;$$

Mengubah sistem dengan menuliskan *u, n dan s* sebagai fungsi dalam variabel t

> $sist := matrix([[\mathrm{subs}(u = u(t), n = n(t), s = s(t), eval(du))], [\mathrm{subs}(u = u(t), n = n(t), s = s(t), eval(dn))], [\mathrm{subs}(u = u(t), n = n(t), s = s(t), eval(ds))]]);$

> $sistem := diff(u(t), t) = sist[1, 1], diff(n(t), t) = sist[2, 1], diff(s(t), t) = sist[3, 1];$

Menentukan solusi sistem pada nilai awal tertentu

> $fcns := \{u(t), n(t), s(t)\} :$

> $awal1 := dsolve(\{u(0) = 1, n(0) = 1, s(0) = 1, sistem\}, fcns, type = numeric, method = classical) :$

Menggambarkan solusi sistem pada nilai awal tertentu

> $gbrawal1 := odeplot(awal1, [[t, n(t)]], 0 ..9.8, color = blue) :$

Gambar dari sistem adalah sebagai berikut.

> $display(gbrawal1);$

c. Pertumbuhan Sel Efektor

> $restart :$

> $with(plots) : with(linalg) : with(DEtools) :$

Sistem non linear di atas sebagai berikut

> $$du := 1.5 \cdot u \cdot \left(1 - \frac{u}{1.2 \cdot 10^6}\right) - \frac{n}{10^3 + n} - \frac{s \cdot u}{10^5 + u};$$
$$dn := n \cdot \left(1 - \frac{n}{10^6}\right) + u \cdot \left(1 - \frac{u}{3 \cdot 10^5}\right);$$
$$ds := 0.005 \cdot u - 0.03 \cdot s;$$

Mengubah sistem dengan menuliskan *u, n dan s* sebagai fungsi dalam variabel t

> $sist := matrix([[\mathrm{subs}(u = u(t), n = n(t), s = s(t), eval(du))], [\mathrm{subs}(u = u(t), n = n(t), s = s(t), eval(dn))], [\mathrm{subs}(u = u(t), n = n(t), s = s(t), eval(ds))]]);$

> $sistem := diff(u(t), t) = sist[1, 1], diff(n(t), t) = sist[2, 1], diff(s(t), t) = sist[3, 1];$

Menentukan solusi sistem pada nilai awal tertentu

> $fcns := \{u(t), n(t), s(t)\} :$

> $awal1 := dsolve(\{u(0) = 1, n(0) = 1, s(0) = 1, sistem\}, fcns, type = numeric, method = classical) :$

Menggambarkan solusi sistem pada nilai awal tertentu

> $gbrawal1 := odeplot(awal1, [[t, s(t)]], 0 ..15, color = blue) :$

Gambar dari sistem adalah sebagai berikut.

> $display(gbrawal1);$

Lampiran 2

Program Maple tentang Pengaruh Sistem Imun terhadap Dinamik Pertumbuhan Sel Tumor dan Sel Normal dengan Terapi

a. Pertumbuhan Sel Tumor

> $restart:$

> $with(plots) : with(linalg) : with(DEtools) :$

Sistem non linear di atas sebagai berikut

> $$du := 0.18\cdot u\cdot\left(1-\frac{u}{1.2\cdot10^{6}}\right)-\frac{n}{10^{3}+n}-\frac{s\cdot u}{10^{5}+u}-0.05\cdot u;$$
$$dn := 0.4\cdot n\cdot\left(1-\frac{n}{10^{6}}\right)+0.028\cdot u\cdot\left(1-\frac{u}{3\cdot10^{5}}\right)-0.01\cdot n;$$
$$ds := 0.005\cdot u-0.03\cdot s-0.01\cdot s;$$

Mengubah sistem dengan menuliskan *u, n* dan *s* sebagai fungsi dalam variabel t

> $sist := matrix([[\mathrm{subs}(u=u(t), n=n(t), s=s(t), eval(du))], [\mathrm{subs}(u=u(t), n=n(t), s=s(t), eval(dn))], [\mathrm{subs}(u=u(t), n=n(t), s=s(t), eval(ds))]]);$

> $sistem := diff(u(t),t)=sist[1,1], diff(n(t),t)=sist[2,1], diff(s(t),t)=sist[3,1];$

Menentukan solusi sistem pada nilai awal tertentu

> $fcns := \{u(t), n(t), s(t)\}:$

> $awal1 := dsolve(\{u(0)=1, n(0)=1, s(0)=1, sistem\}, fcns, type=numeric, method=classical):$

Menggambarkan solusi sistem pada nilai awal tertentu

> $gbrawal1 := odeplot(awal1, [[t, u(t)]], 0..400, color=blue):$

Gambar dari sistem adalah sebagai berikut.

> $display(gbrawal1);$

b. Pertumbuhan Sel Normal

> $restart:$

> $with(plots) : with(linalg) : with(DEtools) :$

Kita akan menganalisis sistem

> $$du := 0.18\cdot u\cdot\left(1-\frac{u}{1.2\cdot10^{6}}\right)-\frac{n}{10^{3}+n}-\frac{s\cdot u}{10^{5}+u}-0.05\cdot u;$$
$$dn := 0.4\cdot n\cdot\left(1-\frac{n}{10^{6}}\right)+0.028\cdot u\cdot\left(1-\frac{u}{3\cdot10^{5}}\right)-0.01\cdot n;$$
$$ds := 0.005\cdot u-0.03\cdot s-0.01\cdot s;$$

Mengubah sistem dengan menuliskan *u, n dan s* sebagai fungsi dalam variabel t

> $sist := matrix([[subs(u=u(t), n=n(t), s=s(t), eval(du))], [subs(u=u(t), n=n(t), s=s(t), eval(dn))], [subs(u=u(t), n=n(t), s=s(t), eval(ds))]]);$

> $sistem := diff(u(t),t) = sist[1,1], diff(n(t),t) = sist[2,1], diff(s(t),t) = sist[3,1];$

Menentukan solusi sistem pada nilai awal tertentu

> $fcns := \{u(t), n(t), s(t)\}:$

> $awal1 := dsolve(\{u(0) = 1, n(0) = 1, s(0) = 1, sistem\}, fcns, type = numeric, method = classical):$

Menggambarkan solusi sistem pada nilai awal tertentu

> $gbrawal1 := odeplot(awal1, [[t, n(t)]], 0..400, color = blue):$

Gambar dari sistem adalah sebagai berikut.

> $display(gbrawal1);$

c. Pertumbuhan Sel Efektor

> $restart:$

> $with(plots): with(linalg): with(DEtools):$

Kita akan menganalisis sistem

> $du := 0.18\cdot u\cdot\left(1 - \frac{u}{1.2\cdot 10^6}\right) - \frac{n}{10^3 + n} - \frac{s\cdot u}{10^5 + u} - 0.05\cdot u;$
$dn := 0.4\cdot n\cdot\left(1 - \frac{n}{10^6}\right) + 0.028\cdot u\cdot\left(1 - \frac{u}{3\cdot 10^5}\right) - 0.01\cdot n;$
$ds := 0.005\cdot u - 0.03\cdot s - 0.01\cdot s;$

Mengubah sistem dengan menuliskan *u, n dan s* sebagai fungsi dalam variabel t

> $sist := matrix([[subs(u=u(t), n=n(t), s=s(t), eval(du))], [subs(u=u(t), n=n(t), s=s(t), eval(dn))], [subs(u=u(t), n=n(t), s=s(t), eval(ds))]]);$

> $sistem := diff(u(t),t) = sist[1,1], diff(n(t),t) = sist[2,1], diff(s(t),t) = sist[3,1];$

Menentukan solusi sistem pada nilai awal tertentu

> $fcns := \{u(t), n(t), s(t)\}:$

> $awal1 := dsolve(\{u(0) = 1, n(0) = 1, s(0) = 1, sistem\}, fcns, type = numeric, method = classical):$

Menggambarkan solusi sistem pada nilai awal tertentu

> $gbrawal1 := odeplot(awal1, [[t, s(t)]], 0..400, color = blue):$

Gambar dari sistem adalah sebagai berikut.

> $display(gbrawal1);$

Lampiran 3

Program Maple tentang Pengaruh Sistem Imun dan Virus terhadap Dinamik Pertumbuhan Sel Tumor dan Sel Normal dengan Terapi

a. Pertumbuhan Sel Tumor

> $restart:$

> $with(plots):with(linalg):with(DEtools):$

Sistem non linear di atas sebagai berikut

>
$$du := 0.18\cdot u\cdot\left(1-\frac{u}{1.2\cdot 10^6}\right)-\frac{n}{10^3+n}-\frac{s\cdot u}{10^5+u}-0.05\cdot u;$$
$$dn := 0.4\cdot n\cdot\left(1-\frac{n}{10^6}\right)+0.028\cdot u\cdot\left(1-\frac{u}{3\cdot 10^5}\right)-0.01\cdot n;$$
$$ds := 0.005\cdot u-0.03\cdot s+\frac{0.1245\cdot s\cdot r}{2\cdot 10^7+r}-2.5\cdot 10^{-4}\cdot v\cdot s-0.01\cdot s+0.08\cdot s;$$
$$dr := \frac{5\cdot u\cdot s}{30+u}-10\cdot r;$$
$$dv := \frac{3\cdot 10^4\cdot v}{5+v}-0.005\cdot v\cdot s-0.03\cdot v;$$

Mengubah sistem dengan menuliskan *u, n, s, r dan v* sebagai fungsi dalam variabel t

>
$sist := matrix([[\mathrm{subs}(u=u(t),n=n(t),s=s(t),r=r(t),v=v(t),eval(du))],[\mathrm{subs}(u=u(t),n=n(t),s=s(t),r=r(t),v=v(t),eval(dn))],[\mathrm{subs}(u=u(t),n=n(t),s=s(t),r=r(t),v=v(t),eval(ds))],[\mathrm{subs}(u=u(t),n=n(t),s=s(t),r=r(t),v=v(t),eval(dr))],[\mathrm{subs}(u=u(t),n=n(t),s=s(t),r=r(t),v=v(t),eval(dv))]]);$

> $sistem := diff(u(t),t)=sist[1,1], diff(n(t),t)=sist[2,1], diff(s(t),t)=sist[3,1], diff(r(t),t)=sist[4,1], diff(v(t),t)=sist[5,1];$

Solusi sistem pada nilai awal tertentu

> $fcns := \{u(t),n(t),s(t),r(t),v(t)\}:$

> $awal1 := dsolve(\{u(0)=1,n(0)=1,s(0)=1,r(0)=1,v(0)=1,sistem\},fcns,type=numeric,method=classical):$

Menggambarkan solusi sistem pada nilai awal tertentu

> $gbrawal1 := odeplot(awal1,[[t,u(t)]],0..175,color=blue):$

Gambar solusi dari sistem adalah sebagai berikut.

> $display(gbrawal1);$

b. Pertumbuhan Sel Normal

> $restart:$

```
> with(plots) : with(linalg) : with(DEtools) :
```

Sistem non linear di atas sebagai berikut

$$du := 0.18\cdot u\cdot\left(1-\frac{u}{1.2\cdot 10^6}\right)-\frac{n}{10^3+n}-\frac{s\cdot u}{10^5+u}-0.05\cdot u;$$

$$dn := 0.4\cdot n\cdot\left(1-\frac{n}{10^6}\right)+0.028\cdot u\cdot\left(1-\frac{u}{3\cdot 10^5}\right)-0.01\cdot n;$$

$$ds := 0.005\cdot u-0.03\cdot s+\frac{0.1245\cdot s\cdot r}{2\cdot 10^7+r}-2.5\cdot 10^{-4}\cdot v\cdot s-0.01\cdot s+0.08\cdot s;$$

$$dr := \frac{5\cdot u\cdot s}{30+u}-10\cdot r;$$

$$dv := \frac{3\cdot 10^4\cdot v}{5+v}-0.005\cdot v\cdot s-0.03\cdot v;$$

Mengubah sistem dengan menuliskan *u, n, s, r dan v* sebagai fungsi dalam variabel t

```
> sist := matrix([[subs(u = u(t), n = n(t), s = s(t), r = r(t), v = v(t),
      eval(du))], [subs(u = u(t), n = n(t), s = s(t), r = r(t), v = v(t),
      eval(dn))], [subs(u = u(t), n = n(t), s = s(t), r = r(t), v = v(t),
      eval(ds))], [subs(u = u(t), n = n(t), s = s(t), r = r(t), v = v(t),
      eval(dr))], [subs(u = u(t), n = n(t), s = s(t), r = r(t), v = v(t),
      eval(dv))]]);

> sistem := diff(u(t), t) = sist[1, 1], diff(n(t), t) = sist[2, 1], diff(s(t), t)
       = sist[3, 1], diff(r(t), t) = sist[4, 1], diff(v(t), t) = sist[5, 1];
```

Solusi sistem pada nilai awal tertentu

```
> fcns := {u(t), n(t), s(t), r(t), v(t)} :
> awal1 := dsolve({u(0) = 1, n(0) = 1, s(0) = 1, r(0) = 1, v(0) = 1,
      sistem}, fcns, type = numeric, method = classical) :
```

Menggambarkan solusi sistem pada nilai awal tertentu

```
> gbrawal1 := odeplot(awal1, [[t, n(t)]], 0 ..175, color = blue) :
```

Gambar solusi dari sistem adalah sebagai berikut.

```
> display(gbrawal1);
```

c. Pertumbuhan Sel Efektor

```
> restart :
> with(plots) : with(linalg) : with(DEtools) :
```

Sistem non linear di atas sebagai berikut

>
$$du := 0.18\cdot u\cdot\left(1-\frac{u}{1.2\cdot 10^{6}}\right)-\frac{n}{10^{3}+n}-\frac{s\cdot u}{10^{5}+u}-0.05\cdot u;$$
$$dn := 0.4\cdot n\cdot\left(1-\frac{n}{10^{6}}\right)+0.028\cdot u\cdot\left(1-\frac{u}{3\cdot 10^{5}}\right)-0.01\cdot n;$$
$$ds := 0.005\cdot u-0.03\cdot s+\frac{0.1245\cdot s\cdot r}{2\cdot 10^{7}+r}-2.5\cdot 10^{-4}\cdot v\cdot s-0.01\cdot s$$
$$+0.08\cdot s;$$
$$dr := \frac{5\cdot u\cdot s}{30+u}-10\cdot r;$$
$$dv := \frac{3\cdot 10^{4}\cdot v}{5+v}-0.005\cdot v\cdot s-0.03\cdot v;$$

Mengubah sistem dengan menuliskan *u, n, s, r dan v* sebagai fungsi dalam variabel t

> $sist := matrix([[\mathrm{subs}(u=u(t), n=n(t), s=s(t), r=r(t), v=v(t), eval(du))], [\mathrm{subs}(u=u(t), n=n(t), s=s(t), r=r(t), v=v(t), eval(dn))], [\mathrm{subs}(u=u(t), n=n(t), s=s(t), r=r(t), v=v(t), eval(ds))], [\mathrm{subs}(u=u(t), n=n(t), s=s(t), r=r(t), v=v(t), eval(dr))], [\mathrm{subs}(u=u(t), n=n(t), s=s(t), r=r(t), v=v(t), eval(dv))]]);$

> $sistem := diff(u(t), t) = sist[1, 1], diff(n(t), t) = sist[2, 1], diff(s(t), t) = sist[3, 1], diff(r(t), t) = sist[4, 1], diff(v(t), t) = sist[5, 1];$

Solusi sistem pada nilai awal tertentu

> $fcns := \{u(t), n(t), s(t), r(t), v(t)\}:$

> $awal1 := dsolve(\{u(0) = 1, n(0) = 1, s(0) = 1, r(0) = 1, v(0) = 1, sistem\}, fcns, type = numeric, method = classical):$

Menggambarkan solusi sistem pada nilai awal tertentu

> $gbrawal1 := odeplot(awal1, [[t, s(t)]], 0..175, color = blue):$

Gambar solusi dari sistem adalah sebagai berikut.

> $display(gbrawal1);$

d. Perubahan Konsentrasi IL-2

> $restart:$

> $with(plots) : with(linalg) : with(DEtools):$

Sistem non linear di atas sebagai berikut

>

$$du := 0.18 \cdot u \cdot \left(1 - \frac{u}{1.2 \cdot 10^6}\right) - \frac{n}{10^3 + n} - \frac{s \cdot u}{10^5 + u} - 0.05 \cdot u;$$
$$dn := 0.4 \cdot n \cdot \left(1 - \frac{n}{10^6}\right) + 0.028 \cdot u \cdot \left(1 - \frac{u}{3 \cdot 10^5}\right) - 0.01 \cdot n;$$
$$ds := 0.005 \cdot u - 0.03 \cdot s + \frac{0.1245 \cdot s \cdot r}{2 \cdot 10^7 + r} - 2.5 \cdot 10^{-4} \cdot v \cdot s - 0.01 \cdot s + 0.08 \cdot s;$$
$$dr := \frac{5 \cdot u \cdot s}{30 + u} - 10 \cdot r;$$
$$dv := \frac{3 \cdot 10^4 \cdot v}{5 + v} - 0.005 \cdot v \cdot s - 0.03 \cdot v;$$

Mengubah sistem dengan menuliskan *u, n, s, r* dan *v* sebagai fungsi dalam variabel t

> *sist* := *matrix*([[subs(*u* = *u*(*t*), *n* = *n*(*t*), *s* = *s*(*t*), *r* = *r*(*t*), *v* = *v*(*t*), *eval*(*du*))], [subs(*u* = *u*(*t*), *n* = *n*(*t*), *s* = *s*(*t*), *r* = *r*(*t*), *v* = *v*(*t*), *eval*(*dn*))], [subs(*u* = *u*(*t*), *n* = *n*(*t*), *s* = *s*(*t*), *r* = *r*(*t*), *v* = *v*(*t*), *eval*(*ds*))], [subs(*u* = *u*(*t*), *n* = *n*(*t*), *s* = *s*(*t*), *r* = *r*(*t*), *v* = *v*(*t*), *eval*(*dr*))], [subs(*u* = *u*(*t*), *n* = *n*(*t*), *s* = *s*(*t*), *r* = *r*(*t*), *v* = *v*(*t*), *eval*(*dv*))]]);

> *sistem* := *diff*(*u*(*t*), *t*) = *sist*[1, 1], *diff*(*n*(*t*), *t*) = *sist*[2, 1], *diff*(*s*(*t*), *t*) = *sist*[3, 1], *diff*(*r*(*t*), *t*) = *sist*[4, 1], *diff*(*v*(*t*), *t*) = *sist*[5, 1];

Solusi sistem pada nilai awal tertentu

> *fcns* := {*u*(*t*), *n*(*t*), *s*(*t*), *r*(*t*), *v*(*t*)} :

> *awal1* := *dsolve*({*u*(0) = 1, *n*(0) = 1, *s*(0) = 1, *r*(0) = 1, *v*(0) = 1, *sistem*}, *fcns*, *type* = *numeric*, *method* = *classical*) :

Menggambarkan solusi sistem pada nilai awal tertentu

> *gbrawal1* := *odeplot*(*awal1*, [[*t*, *r*(*t*)]], 0 ..175, *color* = *blue*) :

Gambar solusi dari sistem adalah sebagai berikut.

> *display*(*gbrawal1*);

e. Pertumbuhan Virus

> *restart* :

> *with*(*plots*) : *with*(*linalg*) : *with*(*DEtools*) :

Sistem non linear di atas sebagai berikut

$>$

$$du := 0.18\cdot u\cdot\left(1-\frac{u}{1.2\cdot 10^6}\right)-\frac{n}{10^3+n}-\frac{s\cdot u}{10^5+u}-0.05\cdot u;$$

$$dn := 0.4\cdot n\cdot\left(1-\frac{n}{10^6}\right)+0.028\cdot u\cdot\left(1-\frac{u}{3\cdot 10^5}\right)-0.01\cdot n;$$

$$ds := 0.005\cdot u-0.03\cdot s+\frac{0.1245\cdot s\cdot r}{2\cdot 10^7+r}-2.5\cdot 10^{-4}\cdot v\cdot s-0.01\cdot s+0.08\cdot s;$$

$$dr := \frac{5\cdot u\cdot s}{30+u}-10\cdot r;$$

$$dv := \frac{3\cdot 10^4\cdot v}{5+v}-0.005\cdot v\cdot s-0.03\cdot v;$$

Mengubah sistem dengan menuliskan *u, n, s, r* dan *v* sebagai fungsi dalam variabel t

$>$ $sist := matrix([[\mathrm{subs}(u=u(t), n=n(t), s=s(t), r=r(t), v=v(t), eval(du))], [\mathrm{subs}(u=u(t), n=n(t), s=s(t), r=r(t), v=v(t), eval(dn))], [\mathrm{subs}(u=u(t), n=n(t), s=s(t), r=r(t), v=v(t), eval(ds))], [\mathrm{subs}(u=u(t), n=n(t), s=s(t), r=r(t), v=v(t), eval(dr))], [\mathrm{subs}(u=u(t), n=n(t), s=s(t), r=r(t), v=v(t), eval(dv))]]);$

$>$ $sistem := diff(u(t), t) = sist[1, 1], diff(n(t), t) = sist[2, 1], diff(s(t), t) = sist[3, 1], diff(r(t), t) = sist[4, 1], diff(v(t), t) = sist[5, 1];$

Solusi sistem pada nilai awal tertentu

$>$ $fcns := \{u(t), n(t), s(t), r(t), v(t)\}:$

$>$ $awal1 := dsolve(\{u(0)=1, n(0)=1, s(0)=1, r(0)=1, v(0)=1, sistem\}, fcns, type=numeric, method=classical):$

$>$ $awal2 := dsolve(\{u(0)=0, n(0)=0, s(0)=0, r(0)=0, v(0)=0, sistem\}, fcns, type=numeric, method=classical):$

Menggambarkan solusi sistem pada nilai awal tertentu

$>$ $gbrawal1 := odeplot(awal1, [[t, v(t)]], 0..150, color=blue):$

$>$ $gbrawal2 := odeplot(awal2, [[t, v(t)]], 0..240, color=green):$

Gambar solusi dari sistem adalah sebagai berikut.

$>$ $display(gbrawal1, gbrawal2);$